

Conception d'une surface flexible interactive et modulable

Félix Vanneste

EnsadLab
vanneste.felix@gmail.com

Samuel Bianchini

EnsadLab
samuel.bianchini@ensad.fr

Kanty Rabenoroso

Femto-St, Besançon
kanty.rabenoroso@femto-st.fr

Pierre Renaud

ICube, Strasbourg
Pierre.Renaud@insa-strasbourg.fr

Christian Duriez

INRIA Lille
christian.duriez@univ-lille1.fr

LA SOFT ROBOTIQUE est un domaine en pleine effervescence au cours des dernières années. Son principe fondamental repose sur l'utilisation de structures moins rigides, exploitées pour produire un mouvement fluide, moins «robotique» et davantage bio-inspiré. Par exemple, Laschi a développé un robot flexible basé sur le modèle d'un poulpe (Laschi et al., 2012). Ce robot se déplace grâce à des tentacules totalement flexibles qui, en se déformant, propulsent le robot dans l'eau. Un autre exemple de biomimétisme est celui de la trompe d'éléphant, qui a inspiré le développement de nouveaux types de bras robotiques beaucoup plus déformables et adaptables à l'espace de travail (Guan et al., 2023). Ainsi, grâce aux propriétés intrinsèques des matériaux utilisés, et contrairement aux structures rigides, l'accent est mis sur l'interaction et sur un mouvement largement basé sur la déformation.

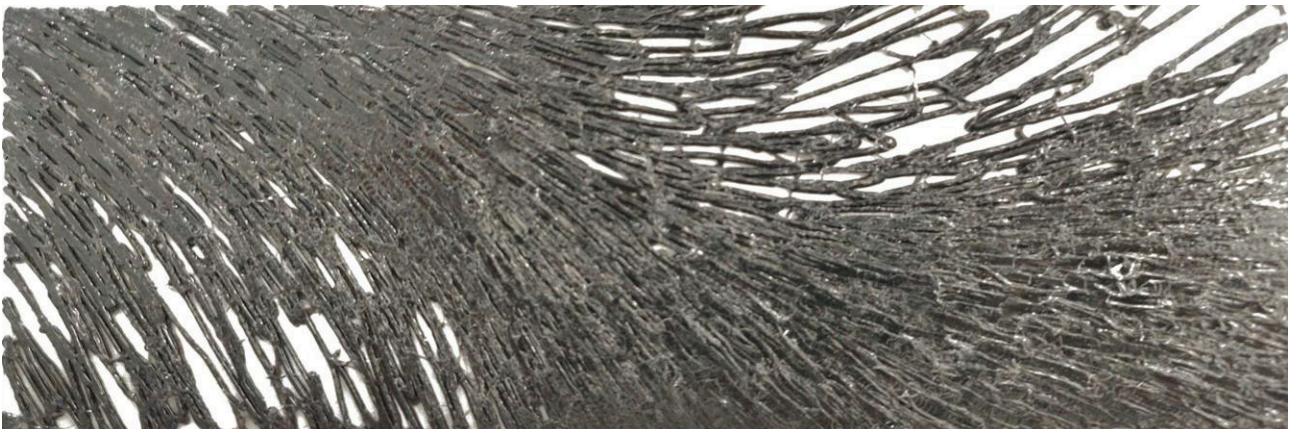


Figure 1 : Mousses anisotropiques aux propriétés mécaniques programmables via un slicer 3D (Martínez et al., 2018). Il est possible de faire varier la densité de cette mousse ainsi que son orientation de façon graduelle.

La soft robotique est donc pensée et conçue pour favoriser une interaction, voire une coopération accrue, entre les robots et les humains, en créant des systèmes robotiques qui travaillent avec, et non contre, leur environnement. L'un des enjeux majeurs de ce domaine émergent est de repenser et de mettre en place de nouvelles approches de conception pour ces dispositifs complexes, en intégrant l'humain dès le début du processus.

Dans ce contexte, la conception de l'interface tactile, en contact direct avec l'extérieur, doit être pensée pour s'adapter facilement à divers types d'interactions. Elle doit permettre une action réactive lors des échanges physiques avec un élément extérieur, tout en restant «consciente» de cet échange afin de pouvoir, si nécessaire, moduler l'intensité de l'interaction.

Dans cette optique, l'utilisation de l'impression additive pour créer des structures à flexibilité programmable peut permettre de concevoir cette «peau» sensible et réactive. Dans des travaux précédents (Vanneste et al., 2020-2021), nous avons démontré l'utilité d'une telle approche en utilisant une mousse anisotropique comme celle présentée dans la Fig. 1. Ces mousses permettent l'émergence de nouveaux mouvements, impossibles à obtenir avec une structure homogène classique (généralement en silicone).

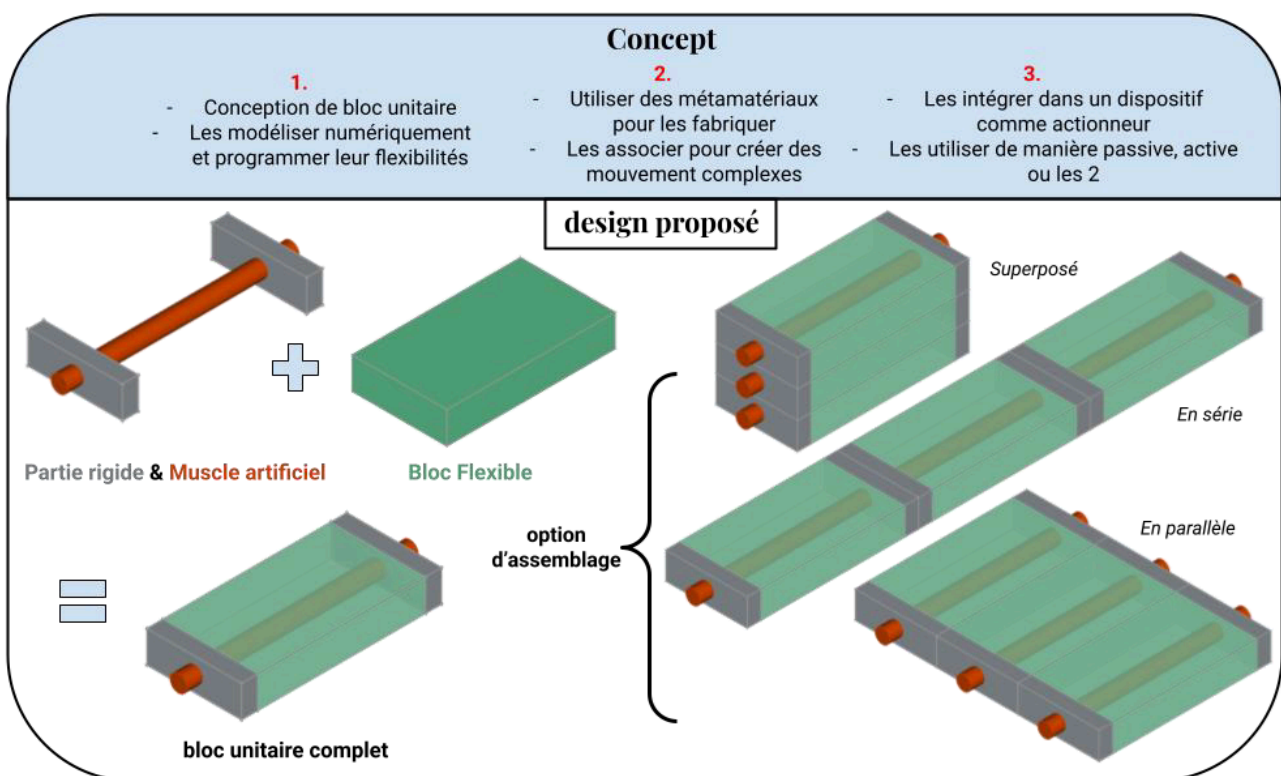


Figure 2 : Schéma de présentation du concept

La conception présentée en Fig. 2 prolonge ces travaux par l'ajout d'actionneurs directement intégrés à cette structure pour la déformer. Nous avons choisi d'utiliser des muscles artificiels pneumatiques, une famille d'actionneurs couramment employée en soft robotique (Kalita et al., 2022). Plus précisément, nous avons opté pour des muscles McKibben (Nickel et al., 1963). Ces actionneurs fonctionnent via une cavité que l'utilisateur peut comprimer, augmentant ainsi la pression dans les différents modules McKibben, ce qui, en retour, applique le mouvement à la structure, comme illustré en Fig. 2.

L'objectif est de proposer un dispositif simple et modulable, facilement reconfigurable, permettant à l'utilisateur d'observer directement le résultat de son action sur la matière à travers l'apparition de déformations inattendues, voire imprévues. L'utilisateur pourra ensuite ajuster le dispositif à sa guise pour explorer de nouvelles interactions

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- Laschi, C., Cianchetti, M., Mazzolai, B., Margheri, L., Follador, M., & Dario, P. (2012). Soft robot arm inspired by the octopus. *Advanced robotics*, 26(7), 709-727. <https://doi.org/10.1163/156855312X626343>
- Guan, Q., Stella, F., Della Santina, C., Leng, J., et Hugues, J. (2023). Trimmed helicoids: an architected soft structure yielding soft robots with high precision, large workspace, and compliant interactions. *npj Robot* 1, 4. <https://doi.org/10.1038/s44182-023-00004-7>
- Martínez, J., Hornus, S., Song, H., & Lefebvre, S. (2018). Polyhedral Voronoi diagrams for additive manufacturing. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 37(4), 1-15. <https://doi.org/10.1145/3197517.3201343>
- Vanneste, F., Goury, O., Martínez, J., Lefebvre, S., Delingette, H., & Duriez, C. (2020). Anisotropic soft robots based on 3D printed meso-structured materials: design, modeling by homogenization and simulation. *IEEE robotics and automation letters*, 5(2), 2380-2386. <https://doi.org/10.1109/LRA.2020.2969926>
- Vanneste, F., Goury, O., & Duriez, C. (2021, April). Enabling the control of a new degree of freedom by using anisotropic material on a 6-DOF parallel soft robot. In *2021 IEEE 4th International Conference on Soft Robotics (RoboSoft)*, 636-642. IEEE. <https://doi.org/10.1109/RoboSoft51838.2021.9479214>
- Kalita, B., Leonessa, A., & Dwivedy, S. K. (2022, October). A review on the development of pneumatic artificial muscle actuators: Force model and application. In *Actuators*, 11(10), 288. MDPI. <https://doi.org/10.3390/act11100288>
- Nickel, V. L., Perry, J., & Garrett, A. L. (1963). Development of useful function in the severely paralyzed hand. *JBSJ*, 45(5), 933-952. <https://doi.org/10.2106/00004623-96345050-00004>